

.- ' - DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2002 Thomson Derwent. All rts. reserv.

013666229 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 2001-150441/ 200116

XRFX Acc No: N01-110557

**Torsion beam optical deflector for use in semiconductor manufacture technique, rotates support due to Coulomb force caused in EM thin film portions, to deflect light radiated by inclined support from mirror**

Patent Assignee: VICTOR CO OF JAPAN (VICO )

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 2000235152	A	20000829	JP 9934967	A	19990212	200116 B

Priority Applications (No Type Date): JP 9934967 A 19990212

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 2000235152	A	11	G02B-026/08	

Abstract (Basic): **JP 2000235152 A**

NOVELTY - Rotary support (3) with hard magnetic thin film, passing via groove (2), supports board (1) axially. Thin film electromagnetic portions (51,52) are provided, so that they cross axis of board orthogonally. The support rotates due to Coulomb force caused in magnetic fields of thin film portions, so that light radiated by inclined support at mirror on support surface, is deflected by Y axis deflector (103).

USE - For use in semiconductor device manufacture technique and micro-mechanics technique.

ADVANTAGE - Since there is no assembly operation in the manufacturing process, batch manufacture of large quantity is obtained.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the top elevation view of torsion beam optical deflector.

Board (1)

Groove (2)

Rotary support (3)

Thin film electromagnetic portions (51,52)

Deflector (103)

pp; 11 DwgNo 1/13

Title Terms: TORSION; BEAM; OPTICAL; DEFLECT; SEMICONDUCTOR; MANUFACTURE; TECHNIQUE; ROTATING; SUPPORT; COULOMB; FORCE; CAUSE; EM; THIN; FILM; PORTION; DEFLECT; LIGHT; RADIATE; INCLINE; SUPPORT; MIRROR

Derwent Class: P81; U11

International Patent Class (Main): G02B-026/08

International Patent Class (Additional): G02B-026/10

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): U11-C18C; U11-C20



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-235152  
(P2000-235152A)

(43) 公開日 平成12年8月29日 (2000.8.29)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
G 0 2 B 26/08		G 0 2 B 26/08	E 2 H 0 4 1
26/10	1 0 4	26/10	1 0 4 2 H 0 4 5

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-34967  
(22) 出願日 平成11年2月12日 (1999.2.12)

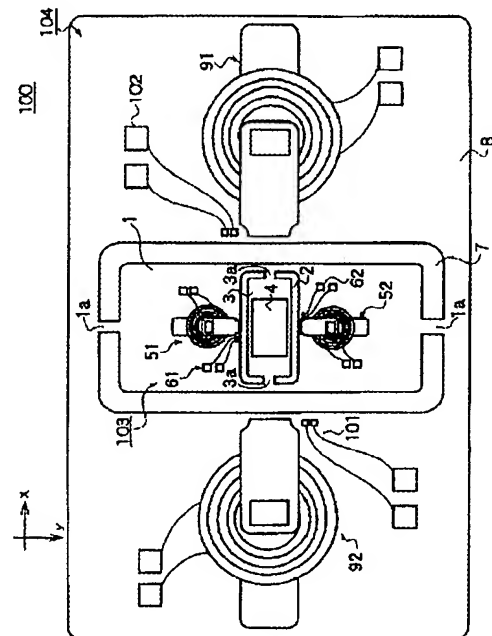
(71) 出願人 000004329  
日本ビクター株式会社  
神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地  
(72) 発明者 奥村 実紀雄  
神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 日本ビクター株式会社内  
(74) 代理人 100083806  
弁理士 三好 秀和 (外9名)  
Fターム(参考) 2H041 AA11 AB14 AC04 AZ02  
2H045 AB02 AB13

(54) 【発明の名称】 光偏向器

(57) 【要約】

【課題】 大きな光偏向角度が得られ、且つ高速で偏向が可能な、信頼性の高いマイクロ光偏向器を得ることのできる電磁駆動光偏向器を提供する。

【解決手段】 トーションビーム光偏向器100は、内側のy軸方向偏向部103と、外側のx軸方向偏向部104とから構成されている。特に、内側のy軸方向偏向部103は、溝部2を有する基板1と、溝部2に架け渡された軸部3aによって基板1に対して回動可能に軸支される回動板3と、磁性部に臨むように基板1上に薄膜として設けられる一対の薄膜電磁石部51、52と、回動板3面上に取り付けられたミラー部4とから概略構成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 溝部を有する基板と、

前記溝部に架け渡された軸部によって前記基板に対して回動可能に軸支されるとともに、硬磁性薄膜を有する回動板と、

前記回動板に臨むように、前記基板上に、前記軸部と直交し且つ薄膜として設けられる一対の薄膜電磁石部と、前記回動板面上に設けられるミラー部とからなる第1方向偏向部とを有し、

前記薄膜電磁石部に生ずる磁界と、前記硬磁性薄膜に生ずる磁界との間に生ずるクーロン力で前記回動板を回動させ、この回動板の傾斜によってミラー部に照射された光を偏向させることを特徴とする光偏向器。

【請求項2】 前記請求項1に記載の光偏向器であって、

前記軸部、及び前記回動板は、前記基板と一体的に形成されるものであり、

前記回動板は前記軸部の弾力的なねじれによって回動するものであることを特徴とする光偏向器。

【請求項3】 前記請求項1又は2に記載の光偏向器において、前記一対の薄膜電磁石を、前記基板の厚み方向に相互にずらして配置することを特徴とする光偏向器。

【請求項4】 前記請求項1乃至3に記載の光偏向器において、

前記基板及び前記回動板の近傍に、該基板及び該回動板の傾斜角度を検出する傾斜角度検出手段を配置したことを特徴とする光偏向器。

【請求項5】 前記請求項1乃至4に記載の光偏向器において、前記溝部の底面に2個の静電駆動用電極を、前記軸部を中心に左右対称となるように配置して、前記一対の薄膜電磁石部に互いに逆位相の交流を印加すると同時に、前記静電駆動用電極にも前記逆位相の交流を印加して電磁駆動アシストを併用することを特徴とする光偏向器。

【請求項6】 前記請求項1乃至5に記載の光偏向器において、

前記第1方向偏向部と同様の構成を有する第2方向偏向部を、これの軸部が前記第1方向偏向部の軸部と直交するように配置し、これらの直交する軸部を中心とする回動によって、2次元走査可能に光を偏向させることを特徴とする光偏向器。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光偏向器、特にマイクロメカニクス技術を用いて作製し、薄膜電磁石の駆動力を用いて変位制御を行うプレーナ型トーションビーム光偏向器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光偏向器としては、半導体製造技術やマイクロメカニクス技術を応用して、シリコンWafer等に

トーションビームやミラー等を微小な寸法で形成したマイクロミラー装置が研究されている。その一例として、電気学会1998年第16回センサーシンポジウム テクニカルダイジェストA3-2 “静電トーションミラー” 東芝 がある。

【0003】これは、光記録再生装置の光学系トラッキングサーボ用に応用する試みであり、レーザービーム径2mmに対応した数ミリ角のミラーを静電吸引力によって数mrad(～1度)傾斜させるものであり、その駆動速度は、ミラーの共振周波数以下の約1KHzである。

【0004】一方、このような光偏向器の応用例としては、例えば、映像情報のイメージング技術として、液晶駆動の光反射型の空間光変調素子であるILA(Image Light Amplifier 商品名 参考文献：月刊LCD intelligence 1997.11 99項 “高輝度・高精細化可能なプロジェクタ用ILAデバイス” JVC 片山琢) 素子を利用したビデオプロジェクタがある。図11は、一般的なビデオプロジェクタ200を示す概略構成図である。

【0005】このビデオプロジェクタ200は、レーザー発信器201と、これからの光束を集光光束に変換する集光レンズ202と、この集光レンズ202からの集光光束を書き込み用のレーザースポット光として、ILA素子204に対して2次元的に走査させるマイクロミラー装置203と、ILA素子204に対する入射読み出し光を照射する光源205と、この光源205からの光束を平行光束に変換するコリメートレンズ206と、これからの平行光束を偏向させる偏向ビームスプリッタ207と、ILA素子204で空間変調された出射読み出し光を大型スクリーン209に投射する投射レンズ208とから構成される。

【0006】ここでILA素子204とは、この素子に入射された書き込み用のレーザースポットによって、読み出し光を変調して反射させ、大型スクリーン209にビデオ映像を投射するものである。また、前記マイクロミラー装置203は、静電駆動によって動作するものであり、映像ビデオ信号によって輝度変調されたレーザースポット光をILA素子204に照射する際、ILA素子204上においてレーザースポット光を水平、垂直に走査するために利用される。

【0007】ところで、前記マイクロミラー装置を、例えば、コンピューターDisplayのSXGAクラスの解像度画像投影に用いる場合には、所定の偏向角度が要求されることとなる。

【0008】詳述すると、例えばビデオプロジェクタ200を、コンピューターdisplayのSXGAクラスの解像度画像投影に利用した場合には、SXGAの解像度は1280×1024本となる。従って、前記マイクロミラー装置は、輝度変調されたレーザースポットを水平方向で60kHz、垂直方向で60Hzの周波数で走査する必要がある。

【0009】一方、書き込み光の水平偏向角は、以下の関係式で与えられる。

$$\phi = N \times \lambda / \pi (D/2)$$

ここで、 $\phi$  = 水平偏向角、 $\lambda$  = レーザーの波長、 $N$  = 水平解像度、 $D$  = レーザービーム径である。

【0011】ほぼ平行光にコリメートされたビームの波長を650nm、径を1mmとすると、 $\lambda = 650 \text{ e-}6 \text{ m}$ 、 $N = 1280$ 、 $D/2 = 0.5 \text{ mm}$ のとき、 $\phi = N \times \lambda / \pi (D/2)$  より $\phi$ は30.5degが与えられる。従って、ミラー偏向角度は、15.18deg ( $\pm 7.6^\circ$ )となる。

【0012】また、集光レンズ202と、ILA素子204の結像面との投影距離 $d$ は、次式で与えられる。

$$D_0 = 4 / \pi \times (d \times \lambda / D)$$

ここで、 $D_0$ は、ILA素子204上における結像ビーム径である。なお、ILA素子寸法2.5inch (対角)には、結像ビームを40 $\mu\text{m}$ 径で結像させる必要がある。

【0014】また、

$$D_0 = 40 \text{ e-}3 \text{ mm} \quad \lambda = 650 \text{ e-}6 \text{ nm} \quad D = 1 \text{ mm}$$

であり、このとき

$$\text{投影距離 } d = 48.33 \text{ mm}$$

が与えられる。

【0015】上記関係式より、集光レンズと素子間との投影距離 $d$ は、48.33mmとなり、従って、マイクロミラー装置203は、動作周波数で、最高60kHz以上、最大ミラー傾斜角度 $\pm 15.18^\circ$  (水平偏向角度 $\pm 7.6^\circ$ )、ミラー面のサイズ1mm角 (ビーム半径 $D/2 = 0.5 \text{ mm}$ より)を満たす機械特性が必要となる。

【0016】このように偏向角度が大きく、且つ集光ビーム径が許す限りミラーのサイズを縮小し、且つ高速駆動をさせようとすると、マイクロミラー装置203では駆動電圧に数kVの高電圧で大きなローレンツ力を発生させる必要があった。従って、大きな偏向角度を得ようとすると従来の静電駆動では、高い電圧が必要となり、実用的でない。

【0017】これに対して、この様な高電圧を用いずに、大きな偏向角度を得るには、クーロン力による電磁駆動がある。その一例として、“特開平8-32227 プレーナ型電磁アクチュエータ (株)日本信号”を示す。図12及び図13は、かかるプレーナ型電磁アクチュエータ110の説明図である。

【0018】図12及び図13において、プレーナ型電磁アクチュエータ110は、絶縁基板111の中央部に約45°の角度で配置されたマイクロミラー112と、絶縁基板111上面の外周部に配置されるヨーク113と、このヨーク113の内周縁に配置された一対の永久磁石114、115とから概略構成される。

【0019】マイクロミラー112は、シリコン基板1

21と、棒状の外側可動板122aと、平板状の内側可動板122bと、内側可動板122b上面に取り付けられたミラー126とから概略構成される。外側可動板122aは、トーションバー123aによりシリコン基板121に対して回動可能に軸支されており、内側可動板122bは、トーションバー123bによって外側可動板122aに対して回動可能に軸支されている。トーションバー123a、123bは互いに直交するように配置されており、これによってミラー126は、直交する2方向に回動されることとなり2次元的な走査が可能となっている。

【0020】また、外側可動板122a及び内側可動板122bには、それぞれ平面コイル125a及び125bが設けられている。これらの平面コイル125a及び125bには、電極端子124a及び124bが電気的に接続されており、これらの端子は、導線118a~118dを介して、ボンディングパッド117a~117dに接続されている。そして、この電極端子124a、124bに電流が流れることによって平面コイル125a及び125bより磁界が生じることとなる。

【0021】このような従来のプレーナ型電磁アクチュエータ110では、平面コイル125a、125bに生じた磁界と、永久磁石114、115による静磁界との間に発生するクーロン力で、外側可動板122a及び内側可動板122bを、低電圧で且つ高速に回動させることができる。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来のプレーナ型電磁アクチュエータ110の場合、以下に挙げる問題があった。

【0023】先ず第1に、静磁界の印加に永久磁石114、115を用いているため、永久磁石114、115を配置するためのスペースが大きく、素子全体の小型化が難しいという問題があった。

【0024】第2に、マイクロミラー112と永久磁石114、115との組み立てが必要となり、これらの位置合わせに手間がかかるという問題があった。また、平面コイル125a、125bの組み立てをする際に位置ずれ等が生じた場合には、平面コイル125a、125bから発生する磁界が交錯してばらつきが生じ、駆動力が一定でなくなるため、これらの組み立て作業には高い組み立て精度が要求される。

【0025】第3に、可動する部分 (外側可動板122a上或いは内側可動板122b) に平面コイル125a、125bを作製するので、ミラー126の反射面とコイル形成面で可動面を構成しなければならず、可動部分が大型化してしまうという問題があった。従って、共振点を高くすることが困難となる。

【0026】第4に、ミラー126を支持しているトーションバー123a、123bの表面にコイル配線を施

必要があることから、外側可動板125a及び内側可動板125b上面に配線溝や導電膜パターニング等の細工を施さなければならず、表面が複雑化することによって強度低下を招き、ひいては動作周波数のズレ、疲労破壊等を起こす恐れがあった。

【0027】そこで本発明は、上記問題点を鑑みてなされたものであり、大きな光偏向角度が得られ、且つ高速度で偏向が可能な、信頼性の高いマイクロ光偏向器を得ることのできる光偏向器を提供することを目的とする。

【0028】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本願請求項1に係る光偏向器は、溝部を有する基板と、前記溝部に架け渡された軸部によって前記基板に対して回動可能に軸支されるとともに、硬磁性薄膜を有する回動板と、前記回動板に臨むように、前記基板上に、前記軸部と直交し且つ薄膜として設けられる一対の薄膜電磁石部と、前記回動板面上に設けられるミラー部とからなる第1方向偏向部とを有し、前記薄膜電磁石部に生ずる磁界と、前記硬磁性薄膜に生ずる磁界との間に生ずるクーロン力で前記回動板を回動させ、この回動板の傾斜によってミラー部に照射された光を偏向させるものである。

【0029】このような請求項1に係る発明によれば、薄膜電磁石部と硬磁性薄膜とに通電することによって、薄膜電磁石部に生じる磁界と、硬磁性薄膜に生じる磁界との間に生じるクーロン力で回動板を回動させ、この回動板面上に設けられたミラー部を傾斜させることによって、このミラー部に入射される光を偏向させることができる。

【0030】請求項2に係る発明は、前記請求項1に記載の光偏向器であって、前記軸部、及び前記回動板は、前記基板と一体的に形成されるものであり、前記回動板は前記軸部の弾性的なねじれによって回動するものであることを特徴とするものである。

【0031】このような請求項2に係る発明によれば、軸部の弾性的なねじれを利用して回動板を回動させるため、ミラー部の回動機構を簡略化することができる。

【0032】請求項3に係る発明は、前記請求項1又は2に記載の光偏向器において、前記一対の薄膜電磁石を、前記基板の厚み方向に相互にずらして配置することを特徴とするものである。

【0033】このような請求項3に係る発明によれば、薄膜電磁石をオフセット量分だけずらしてやることによって、回動板の傾斜運動を容易に発生させることができる。

【0034】請求項4に係る発明は、前記請求項1乃至3に記載の光偏向器において、前記基板及び前記回動板の近傍に、該基板及び該回動板の傾斜角度を検出する傾斜角度検出手段を配置したことを特徴とするものである。

【0035】このような請求項4に係る発明は、傾斜角度検出手段によってミラー部の傾斜角度を検出することによって、ミラー部の傾斜角度の調節を的確に行うことができる。

【0036】請求項5に係る発明は、前記請求項1乃至4に記載の光偏向器において、前記溝部の底面に2個の静電駆動用電極を、前記軸部を中心に左右対称となるように配置して、前記一対の薄膜電磁石部に互いに逆位相の交流を印加すると同時に、前記静電駆動用電極にも前記逆位相の交流を印加して電磁駆動アシストを併用することを特徴とするものである。

【0037】このような請求項5に係る発明によれば、静電駆動用電極を併用することによって、ミラー部の回動角度をより大きなものとすることができる。

【0038】請求項6に係る発明は、前記請求項1乃至5に記載の光偏向器において、前記方向偏向部と同様の構成を有する第2方向偏向部を、この軸部が前記第1方向偏向部の軸部と直交するように配置し、これらの直交する軸部を中心とする回動によって、2次元走査可能に光を偏向させることを特徴とするものである。

【0039】このような請求項6に係る発明は、ミラー部を2方向へ回動させることができ、ミラー部へ入射する光を2次元的に走査させることができる。

【0040】

【発明の実施の形態】〔第1の実施形態〕

（トーションビーム光偏向器100の構成）以下に、本発明の実施形態について詳細に説明する。図1は、本実施形態に係るトーションビーム光偏向器100の説明図である。本実施形態に係るトーションビーム光偏向器100は、例えば、前述したコンピューターDisplayのSXGAクラスの解像度の画像投影装置において、ILA素子に対して光書き込みを行う際、ビデオ信号で輝度変調されたレーザー光を2次元走査する偏向器として用いられる。なお、この画像投影装置の全体構成としては前述した従来技術と同様であるため、その説明は省略する。

【0041】図1に示すように、本実施形態に係るトーションビーム光偏向器100は、内側のy軸方向偏向部103と、外側のx軸方向偏向部104とから構成されている。

【0042】内側のy軸方向偏向部103は、図2に拡大して示すように、溝部2を有する基板1と、溝部2に架け渡された軸部3aによって基板1に対して回動可能に軸支される回動板3と、回動板3に臨むように基板1上に薄膜として設けられる一対の薄膜電磁石部51、52と、回動板3面上に取り付けられたミラー部4とから概略構成される。なお、本実施形態において、基板1上には、回動板3の近傍に、回動板3の傾斜角度を検出するMRセンサやホール素子等の角度検出用センサ61、62が配置されている。

【0043】基板1は、図3に示すように、周囲に設けられた溝部7内に、軸部1aによって回動可能に軸支されるものであり、その中央に回動板3が設けられるエリア（図中点線で図示した部分）を有し、このエリアに臨ませて後述する薄膜電磁石部51、52が配置されている。また、この基板1の表面には、硬磁性を示す薄膜、例えばCo-Pt、Co-Cr、Co-Sm等が、スパッタ等によって成膜されている。

【0044】回動板3は、軸部3aの弾性的なねじれによって回動するものであり、その表面全体にわたって、硬磁性薄膜、例えばCo-Pt、Co-Cr、Co-Smがスパッタ等によって成膜されている。

【0045】薄膜電磁石部51、52は、図4に示すように、回動板3の近接されて設けられる電磁ヨーク51aと、この電磁ヨーク51aの下方に設けられるプレーナ型コイル51cと、このプレーナ型コイル51cの下方に設けられる板状の電磁ヨーク51bと、上方の電磁ヨーク51aと下方の電磁ヨーク51bとを連結するコンタクト部51dと、プレーナ型コイル51cの端部に接続されたボンディングパッド51eとから構成される。なお、薄膜電磁石部52も同様の構成を有する。

【0046】このような薄膜電磁石部51、52は、本実施形態では、図5に示すように、基板1の厚み方向に、相互にずらして配置されている。すなわち、薄膜電磁石部51は、回動板3よりもオフセット量e分だけ下方に配置され、薄膜電磁石部52は、回動板3よりもオフセット量e分だけ上方に配置されている。

【0047】一方、前記外側のx軸方向偏向部104は、溝部7を有する基板8と、溝部7に架け渡されy軸方向偏向部103を回動可能に軸支する軸部1aと、基板1の回動板3に臨むように基板8上に設けられる一対の薄膜電磁石部91、92とから概略構成される。

【0048】軸部1aは、内側のx軸方向偏向部103の軸部3aと直交するように配置されるものであり、回動板3は、この軸部1aの弾性的なねじれによって回動する。なお、薄膜電磁石部91、92は、上述した薄膜電磁石部51、52と同様の構成を有する。

【0049】そして、このようなy軸方向偏向部103及びx軸方向偏向部104は、本実施形態では、一般的な金属よりも高い機械的強度を示し半導体製造技術を直接応用でき微細な寸法のパターニングやエッチング等のマイクロマシニングに適した材料であるシリコンによって一体的に形成される。

【0050】すなわち、マイクロマシニング技術によって、シリコン基板若しくはSOI（シリコン オン インシュレータ）基板を、フォトリソグラフィでパターニングし、KOHエッチャント等の異方性ウェットエッチングや、塩素系やフッ素系GASによるICP-RIE（インダクティブ カップルド プラズマリアクティブ イオン エッチング）技術を使用することによっ

て、基板1、8や回動板3、軸部1a、3aを一体的に成形する。なお、バルクシリコン以外に低圧CVD装置によって成膜されたPolyシリコンを構造材に用いてもよい。

【0051】この際、可動部分である回動板3、基板1等の厚み（質量）や、軸部1a、3aの長さ（L）、幅（B）、厚み（t）を最適化しなければならない。つまり、可動部分の共振周波数60kHzを満たし、回動板3、基板1の変形角度が±13.67度で充分弾性変形内になる必要がある。そこで、本実施形態では、FEM手法による解析の結果、Poly-Si材で

回動板の幅  $W=1000\mu\text{m}$

軸部長さ  $L=300\mu\text{m}$

軸部幅  $B=70\mu\text{m}$

回動板厚  $t=100\mu\text{m}$

軸部厚  $t'=100\mu\text{m}$

軸部両端部のフィレット  $R\geq 40\mu\text{m}$  というディメンジョンに設計した。

【0052】この寸法による機械特性は、共振周波数61kHzにおける、Siの引っ張り破壊応力  $\delta=7000\text{N}/\text{mm}^2$  を十分に下回るものであり、変形に伴う応力  $\delta_{\text{max}}=2871\text{N}/\text{mm}^2$  に耐え得るものである。なお、この場合、減衰を伴わない駆動系を考慮している。

【0053】前記角度検出用センサ61、62、101、102は、硬磁性体である基板1や回動板3の近傍において、これら基板1や回動板3の傾斜運動に伴って周期的に生じる磁界の変化を検出するものである。なお、この角度検出用センサ61、62、101、102としては、磁界の変化を検出するセンサ、例えばMRセンサ（マグネト レジスティブ センサ）やホールセンサ、又はインダクティブ磁気センサも用いることができる。また、これら角度検出用センサ61、62、101、102の配置は、回動板3の下部、又は回動板3の上部であって磁界変化検出可能な、光偏向の光路を遮らない部位とすることもできる。

【0054】（製造方法）以下、本実施形態に係るトーションビーム光偏向器100の製造プロセスの概要について説明する。

【0055】まず、半導体基板であるシリコンに、アルミナ等の熱伝導の良好な絶縁膜をスパッタ、CVD等で形成する。すなわち、基板1、8の上面に、電磁ヨーク51d、91dとなる軟磁性薄膜、例えばFe-N、Co-Zr-Nb、Fe-Ni、Fe-Si等をスパッタで成膜し、イオンビームミリング等でヨーク形状にエッチングする。この際、対向する2対の電磁ヨーク51a、52a、91a、92aを回動板3や基板1を挟む形で形成する。

【0056】次に、アルミナ、 $\text{SiO}_2$ 等をスパッタリング、CVD法等の成膜によって、電磁ヨーク51a、

52a、91a、92aを絶縁被覆する。次に、銅、アルミ等の薄膜をCr下地膜を介して、蒸着等で成膜し、電磁ヨーク51b、52b、91b、92bに交錯するような渦巻き状のパターニングでプレーナ型コイル51c、52c、91c、92cを形成する。これら電磁ヨーク51a、52a、91a、92a端部の磁極位置は、作製するミラー部(硬磁性膜)4の形成面と基本的に同一であるが、硬磁性膜から僅かに厚み方向に、オフセット量e分ずらした位置に配置する(例えば、硬磁性膜の膜厚分相当)。

【0057】次に、マイクロマシニング技術で溝部2、7を形成することによって、回転板1と基板8と、それを支持する軸部1a、3aとを形成する。これらは一体で成形し、前記機械特性を満たす寸法にする。この構造体は、バルク基板を前記異方性ウェットエッチング、ICP-RIE等で形成することもでき、また低圧CVDによる薄膜Polysiliconで成膜、パターニングしてもよい。回転板3と基板1の表面には、硬磁性を示す薄膜、例えばCo-Pt、Co-Cr、Co-Sm等をスパッタで成膜する。

【0058】回転板3では、硬磁性薄膜を光反射面として兼用してもよく、アルミ膜や、 $\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4$ 積層膜等を必要に応じて反射膜として被覆してもよい。硬磁性膜、反射膜を形成する際は、軸部3aの表面には被覆させないようにする。成膜やエッチング等のプロセスによって軸部3a表面の劣化を生じさせないことで軸部3aの機械的特性を確保する。次に、薄膜電磁石部51、52、91、92に隣接した位置に角度検出用センサ61、62、101、102を形成する。

【0059】以上の手順によって、基板1上に形成するミラー部4、薄膜電磁石部51、52、検出部61、62を持つ1軸自由度を持つy軸方向偏向部103を中心にして、これの外側に軸方向を直交させたx軸方向偏向部104を作製し、内/外2重構造とすることがきる。この場合、内側の機械的共振点を水平走査周波数と同一の60kHz、外側を垂直走査周波数と同一の60Hzとする。

【0060】(トーションビーム光偏向器100の動作)そして、このようなトーションビーム光偏向器100では、薄膜電磁石部51、52又は91、92に生ずる磁界と、前記回転板3に形成された硬磁性薄膜に生ずる磁界との間に生ずるクーロン力で回転板3又は基板1を回転させ、これらの回転板3又は基板1の傾斜によってミラー部4に照射された光を偏向させる。

【0061】具体的には、1対の薄膜電磁石コイルに互いに180度位相異なる60kHzの交流を同じ電流で印加する。角度検出用センサ61、62、101、102で検出したミラー可動角度情報に基づいて、電磁、静電駆動回路の制御を行うことにより、所定の角度、速度で駆動させる。

【0062】詳述すると、古典磁気学に示されるごとく2つの磁極間に働く力を表したクーロンの法則より、

$$F = m_1 \times m_2 / 4 \times \pi \times \mu_0 \times r^2$$

のごとくクーロン力が作用する。このとき、

m1: 磁極1の強さ  $\mu_0$ : 真空の透磁率

m2: 磁極2の強さ r: 磁極間距離

である。

【0063】これより、クーロン力は2つの磁極の磁化の大きさに比例して増大し、磁極間距離の2乗に反比例するので磁極間距離を狭めると、大きな力が得られるのが分かる。

【0064】可動する可動板3に硬磁性を示す薄膜を形成しているため、着磁によってミラー部4を回転させることができる。プレーナ型コイル51c、52cに電流を流しヨーク端部の磁界と、硬磁性薄膜(回転板3、基板1)の磁界との間に発生するクーロン力で、軸部3aに捻りを誘発し、ミラー部4をx軸方向及びy軸方向に可動させる。薄膜電磁石51、52による発生磁界は、コイルの巻数と流す電流の積に比例するので静電駆動の様な高電圧は必要ない。

【0065】また、薄膜電磁石51、52の磁極端部を、硬磁性薄膜(回転板3)の端部と限りなく近づけることが可能なので、大きなクーロン力を得ることが出来る(静電駆動の場合、ミラー下面に平行配置で電極を形成するのが一般的であるが、ミラー部4の回転運動に必要な空間に電極を配置することができず、最大傾斜角で電極間ギャップが制限されてしまう)。コイル51c、52cに交流電流を印加するとミラー部4に周期的に変化するクーロン力が働き、その周波数に同期した単振動を示す。駆動周波数をミラー部4の支持系の固有振動数と一致させれば、少ない駆動電流で大きな振幅(傾斜角度)が得られる。

【0066】上記と同様、外側のx軸方向偏向部104も同じ電磁駆動を60Hzで駆動し、角度検出器によって正確に運動制御させる。

【0067】これによって、本実施形態においては、x軸方向偏向部104とy軸方向偏向部103とは互いに直交するように配置されており、これによって2次元走査可能に光を偏向させることができる。そして、ビデオ信号等で輝度変調したレーザー光スポットをミラーで偏向させ、1LA素子の光書き込み面の光誘電層表面に結像するようにアライメントし、2次元走査させる。

【0068】(変更例)なお、本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、例えば以下のような変更をすることができる。

【0069】前述した実施形態では、薄膜電磁石のコイルを渦巻き状に形成したが、この他に、例えば、図6に示すように、螺旋状のパターンとして、膜厚方向に立体的な渦巻き状に形成することもできる。具体的には、同図に示す薄膜電磁石151のように、細長形の電磁ヨー



ク151bの上下部に折れ線形状の薄膜151c、151dを配置させ、これらをコンタクト部151aで接続してヘリカル立体コイルを形成してもよい。この場合、歳後方に位置する薄膜151c或いは151dにボンディングパッド151eを接続する。

【0070】また、前述した実施形態では、回転板3や基板1を挟むようにして1対の電磁ヨークを設けたが、例えば、図7に示すように、C型ヨーク192を用いることもできる。この場合、C型ヨーク192の一部に前述したヘリカル立体コイルを巻き付けるようにして、磁界を発生させる。この場合には、薄膜電磁石が1つでよいので、装置の簡略化を図ることができる。

【0071】さらに、上述した図8(a)及び(b)に示すように、トーションビーム光偏向器100を封止部材によって密封することもできる。具体的には、パイレックスガラス等で形成された透明カバー12、13によって、半導体基板14に形成されたトーション光偏向器100を上面及び下面から真空中に封止する。

【0072】かかる透明カバー12、13としては、例えばシリコンと熱膨張係数が近い、パイレックス(商品名)等のガラス基板を用い、エッチングによって、可動部分の空間を確保する溝12a及び13aを形成し、トーションビーム光偏向器100を挟むように接合する。接合には陽極接合法を用いる。

【0073】透明カバー12、13内の雰囲気は、真空もしくは不活性ガス(アルゴン等)の減圧雰囲気にする。透明カバー12、13の接合の際、上下のガラス封止基板より半導体基板14を大きくして前記駆動用コイル、検出用電極、等のワイヤーボンディング用導電パッドを設ける。

【0074】これによって、トーションビーム光偏向器100の可動部周辺の気体(空気)粘性によって、回転板3等の回転角に減衰が生じるのを防止若しくは軽減することができる。特に、後述するように静電吸引力を駆動に併用した場合、高い電圧を電極間に印加すると、空气中では放電してしまう事があるため、透明カバー12、13によって密封し、内部における電極間を減圧することによって、大きい偏向角を得るために高い電圧で駆動アシストする際のしきい放電電圧を高くすることができる。

【0075】さらに、同図に示すように、ヒートシンク11を半導体基板14の下部等に設けて放熱させ、可動部の温度上昇を低減させるようにすることが好ましい。

【0076】また、前述した実施形態では、薄膜電磁石51、52を基板1上面に配置し、回転板3の側方から臨ませるようにしたが、例えば図9に示すように、回転板3の下方、すなわち溝部2の底面に電磁ヨーク121、122及びコイル123、124を設けるようにすることもできる。

【0077】さらに、前述した実施形態では、薄膜電磁

石のみによって回転板を駆動するようにしたが、例えば図10に示すように、静電駆動を併用することもできる。この場合には、溝部2の底面に静電駆動用の電極16、17を軸部3aを中心に左右対称になるように配置する。そして、1対の薄膜電磁石コイルに互いに180度位相が異なる60kHzの交流を同じ電流で印加すると同時に、ボンディングパッド18、17を介して静電駆動用電極16、17にも同期した電圧を左右で同じだけ、互いに逆位相で印加して電磁駆動のアシストをする。このようにすればミラー部4の回転角度をより大きなものとすることができる。

【0078】

【発明の効果】本発明の薄膜電磁石駆動の光偏向器は、以下に挙げる効果がある。

【0079】第1に、作製基板上に駆動部、可動部、角度検出器が全て一体に集積した形に作製可能になるので、飛躍的に小型化できる。第2に、駆動部分の電磁石と可動ミラーの組み立て、位置合わせが不要で駆動力が一定となる。

【0080】第3に、組み立て作業がないので大量に一括製造可能となり、コストが低い。第4に、薄膜電磁石の磁極と可動ミラーの間のギャップが、ミラーの可動にともなう干渉しない範囲で可能な限り狭くすることが出来、大きな駆動力を得ることが出来る。

【0081】第5に、ミラー可動部分には、コイルを形成する必要がないので、光ビームの反射に必要な最低限の大きさで済む。可動部分の小型化によって、高い共振点にすることが容易になり、高速度な光走査が可能となる。第6に、ミラー可動部分には、コイルを形成する必要がないので、可動ミラーを支持している梁表面にコイル配線を施す必要がなくなり、構成部材の例えば半導体基板の表面性を劣化させることがない。従って、機械特性が重要な梁部分の疲労破壊に対する強度劣化等が少なく、高い信頼性を確保できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係るトーションビーム光偏向器の全体構成を示す上面図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係るトーションビーム光偏向器の一部を拡大して示す斜視図である。

【図3】本発明の第1の実施形態に係るトーションビーム光偏向器の電磁ヨーク部分を示す斜視図である。

【図4】本発明の第1の実施形態に係るトーションビーム光偏向器のプレーナが他コイルを示す斜視図である。

【図5】本発明の第1の実施形態に係るトーションビーム光偏向器の断面図である。

【図6】本発明の変更例に係るヘリカル立体コイルを示す図である。

【図7】本発明の変更例に係る電磁ヨークを示す図である。

【図8】本発明の変更例に係るトーションビーム光偏向

器の外観図である。

【図9】本発明の変更例に係るトーションビーム光偏向器の断面図である。

【図10】本発明の変更例に係るトーションビーム光偏向器の説明図である。

【図11】従来の一般的なビデオプロジェクタを示す概略構成図である。

【図12】従来のマイクロミラー装置を示す概略構成図である。

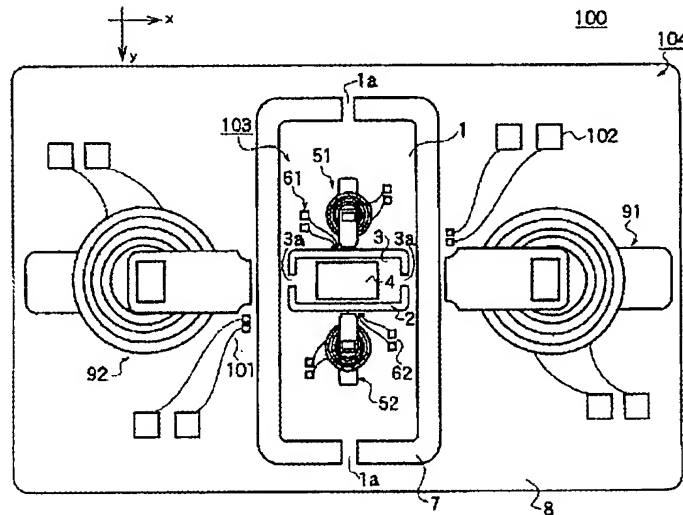
【図13】従来のマイクロミラー装置を示す概略構成図

である。

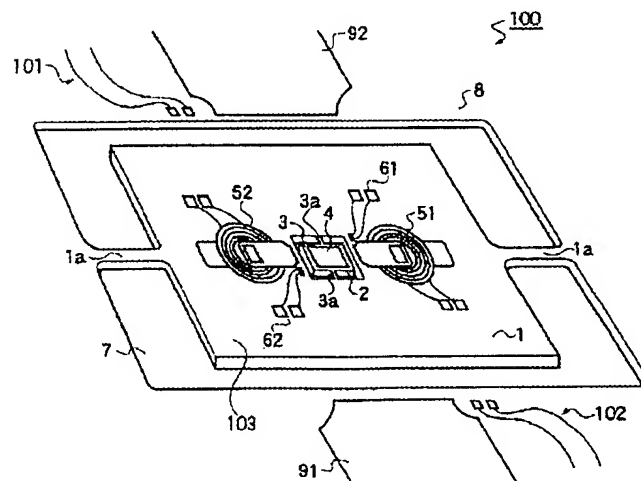
【符号の説明】

1, 8…基板、2…溝部、3…回転板、1a, 3a…軸部、4…ミラー部、51, 52, 91, 92…薄膜電磁石部、51a, 52a…電磁ヨーク、51c, 52c, 91c, 92c…フレナ型コイル  
61, 62…角度検出用センサ  
100…トーションビーム光偏向器（光偏向部）  
103…y軸方向偏向部（第1方向偏向部）  
104…x軸方向偏向部（第2方向偏向部）

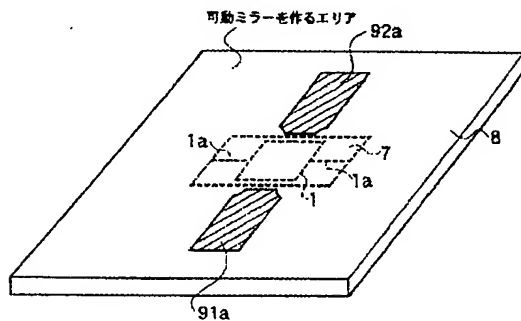
【図1】



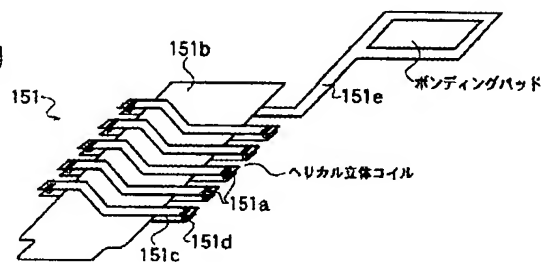
【図2】



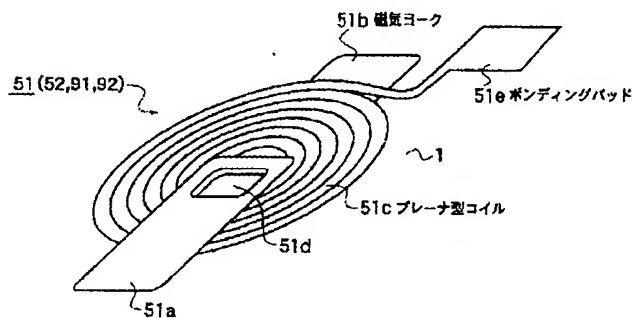
【図3】



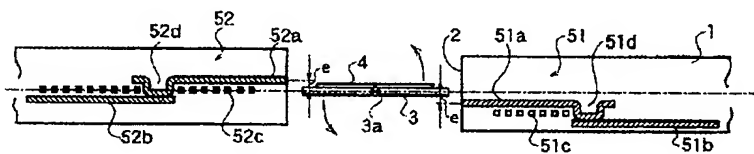
【図6】



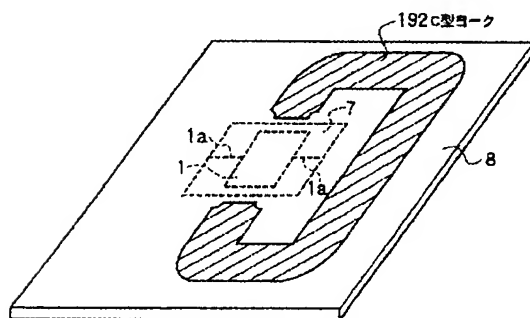
【図4】



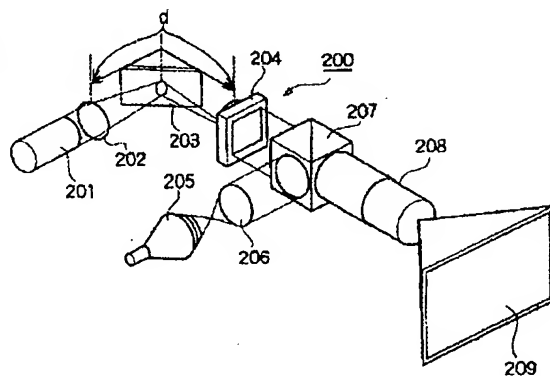
【図5】



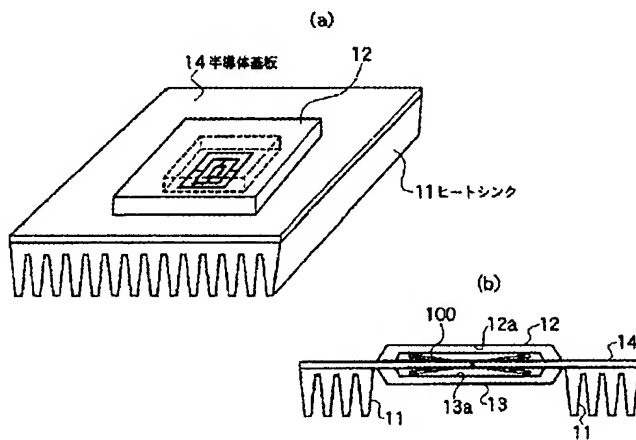
【図7】



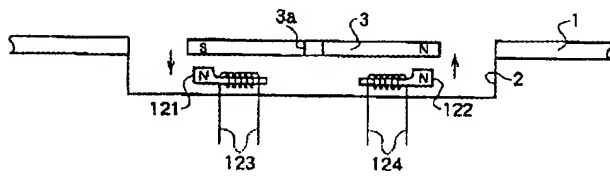
【図11】



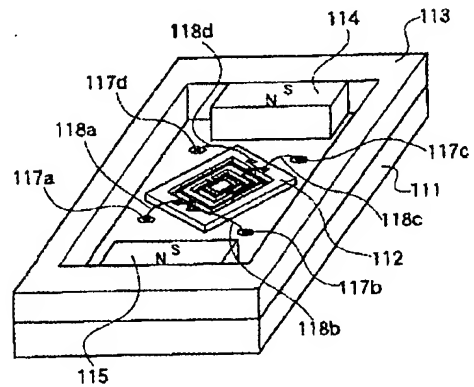
【図8】



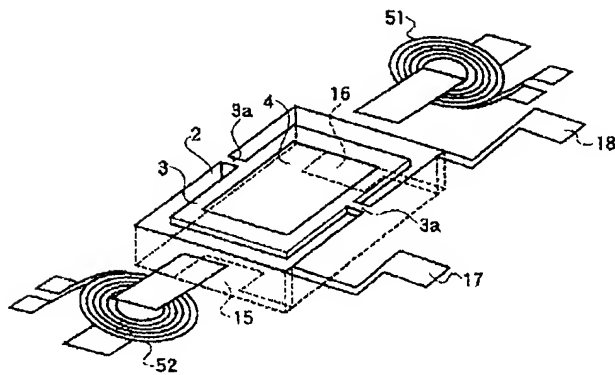
【図9】



【図12】



【図10】



【図13】

